

**ANALISIS DAN EVALUASI SISA MATERIAL KONSTRUKSI
MENGUNAKAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA)
(STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG
PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM MALANG)**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**HANIF NURSYAHBANI
NIM. 125060100111066**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

ANALISIS DAN EVALUASI SISA MATERIAL KONSTRUKSI MENGUNAKAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA) (STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM MALANG)

Hanif Nursyahbani, Kartika Puspa Negara, Achfas Zacoeb
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknis, Universitas Brawijaya, Malang
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
email: hanifnursyahbani@gmail.com

ABSTRAK

Dalam pembangunan proyek gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang menghasilkan sisa material yang berdampak pada biaya proyek itu sendiri. Agar kedepannya dapat meminimalisir sisa material yang dihasilkan diperlukan analisis penyebab sisa material tersebut terjadi. Pada penelitian ini digunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) untuk menganalisis penyebabnya. FTA digunakan karena pada FTA menyediakan metode untuk menentukan penyebab terjadinya kejadian yang tidak diinginkan. Dan untuk melakukan analisis lebih lanjut penyebab sisa material digunakan aljabar Boolean. Penelitian ini adalah analisis deskriptif dimana penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data primer berupa kuisioner dan wawancara serta data sekunder berupa data-data proyek itu sendiri. Dalam penelitian ini kejadian puncak didapatkan dari dua material dengan nilai biaya sisa material; tertinggi yakni baja tulangan dan tiang pancang. Hasil analisis yang didapat adalah kejadian dominan atau penyebab utama yang menyebabkan terjadinya sisa material. Penyebab paling dominan yang menyebabkan sisa material baja tulangan adalah pekerja yang kurang pengalaman, alat yang konslet, alat yang sudah aus, voltase listrik naik turun, pemotongan mengikuti desain, koordinasi yang kurang, mandor kurang disiplin, pekerja kurang teliti dan perubahan desain yang mendadak. Sedangkan tiang pancang adalah ketidaktekalan memeriksa material yang diterima.

Kata kunci: *Fault Tree Analysis* (FTA), Sisa Material, Biaya Konstruksi

ABSTRACT

In the construction of the building project Postgraduate Islamic University of Malang generate residual material impact on the cost of the project itself. In order to minimize future waste material produced is necessary to analyze the cause of the rest of the material occurs. In this study used a method Fault Tree Analysis (FTA) to analyze the cause. FTA is used as the FTA provides a method to determine the cause of the occurrence of undesirable events. And to perform further analyzes the causes of the rest of the material used Boolean algebra. This research is descriptive analysis where research is done by collecting primary data in the form of questionnaires and interviews and secondary data such as data of the project itself. In this study, the peak incidence obtained from two materials with residual cost value material; the highest with reinforcing steel and poles. The results of the analysis obtained is the dominant or main cause of the incident that caused the rest of the material. The cause of the most dominant cause the rest of the steel material are workers who lack the experience, tools that a short-circuit, the tools that are worn, power voltage up and down, cutting follows the design, poor coordination, foreman lack of discipline, workers are less conscientious and design changes suddenly. While the stake is the inaccuracy check the material received.

Keywords: *Fault Tree Analysis* (FTA), waste material, the cost of construction.

PENDAHULUAN

Sisa material yang tidak dapat dimanfaatkan kembali akan menjadi limbah dan berdampak buruk bagi lingkungan, selain itu juga sangat berpengaruh terhadap biaya konstruksi. Munculnya sisa material disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi salah satunya adalah perencanaan yang kurang tepat sehingga material awal yang direncanakan sering kali lebih dari yang digunakan. Permasalahan sisa material seperti ini banyak ditemukan pada proyek pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang. Maka diperlukan analisis dan evaluasi terhadap sisa material pada proyek tersebut untuk mengetahui biaya dan kuantitas sisa material serta penyebab utama terjadinya sisa material.

Metode analisis yang digunakan untuk mengetahui penyebab sisa material pada proyek ini adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). Penggunaan metode FTA bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya sisa material yang menyebabkan kerugian pada biaya proyek. Langkah untuk menganalisis

Tahap selanjutnya yaitu penggambaran model grafis FTA. Terdapat beberapa simbol FTA yang digunakan dalam model grafis FTA yaitu simbol kejadian, simbol gerbang, dan juga simbol transfer. Simbol kejadian berisi kejadian/*event* pada sistem seperti *intermediate event*, *basic event*, dan *undevelope event*. Sedangkan simbol gerbang berfungsi menyatakan hubungan kejadian *input* yang mengarah pada kejadian *output* seperti *OR gate* dan *AND gate*.

Tahap terakhir adalah mengidentifikasi *minimal cut set*. Untuk mendapatkan *minimal cut set* digunakan analisis kualitatif menggunakan Aljabar Boolean yang Aljabar untuk menyederhanakan rangkaian logika yang kompleks menjadi rangkaian logika yang lebih sederhana (Widjanarka, 2006: 73).

penyebab sisa material berawal dari *top event* (kejadian puncak) dan diteruskan kebawah hingga mendapatkan kejadian dasar yang menyebabkannya terjadi. Sedangkan untuk mendapatkan kuantitas dan biaya sisa material menggunakan perhitungan *waste* pada umumnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Priyanta (2000: 113), pada umumnya terdapat lima tahapan yang dilakukan dalam analisis *Fault Tree Analysis* (FTA), yaitu:

1. Mendefinisikan masalah dan kondisi batas dari suatu sistem yang akan ditinjau
2. Menggambar model grafis FTA
3. Mengidentifikasi *minimal cut set* dari FTA
4. Menganalisis secara kualitatif dari FTA
5. Menganalisis secara kuantitatif dari FTA

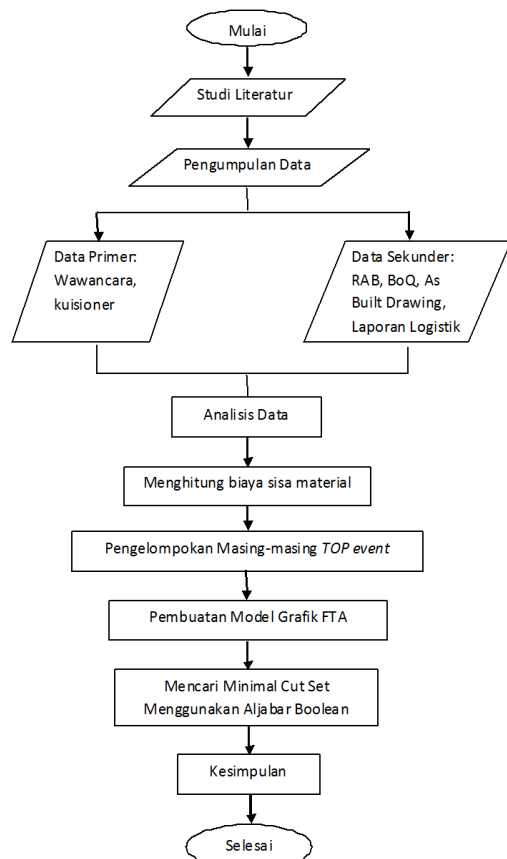
Tahap awal dalam analisis FTA diatas bertujuan untuk menentukan *top event* yang didefinisikan sebagai kegagalan suatu sistem.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dimana penelitian ini bukan bersifat eksperimen dan ditujukan untuk mengumpulkan informasi berupa data primer menurut gejala yang dengan cara pembagian kuisioner serta wawancara. Selain itu penelitian ini juga dilakukan dengan studi literatur dan juga mengumpulkan data sekunder yang didapat dari data-data proyek seperti *Rencana Anggaran Biaya*, *As Built Drawing*, dan laporan harian mingguan.

Subyek penelitian ini adalah menganalisis sisa material konstruksi dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan objek penelitian ini ada pada proyek pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang.

Tahapan dalam menganalisis data dapat dilihat pada diagram alir berikut ini:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari Rencana Anggaran Biaya dan kuisioner awal yang disebarkan pada responden proyek penelitian didapatkan material-material yang berpontesi menghasilkan sisa material. Material-material tersebut adalah baja tulangan, pasir, beton *ready mix*, batu kali, bata ringan, keramik, galvalum, *gypsum board*, aluminium, kaca, baja profil, genteng dan tiang pancang. baja tulangan, pasir, beton *ready mix*, batu kali, bata ringan, keramik, galvalum, *gypsum board*, aluminium, kaca, baja profil, genteng dan tiang pancang. Selanjutnya material-material ini yang nantinya akan dihitung kuantitas dan biaya yang ditimbulkan dari sisa material tersebut.

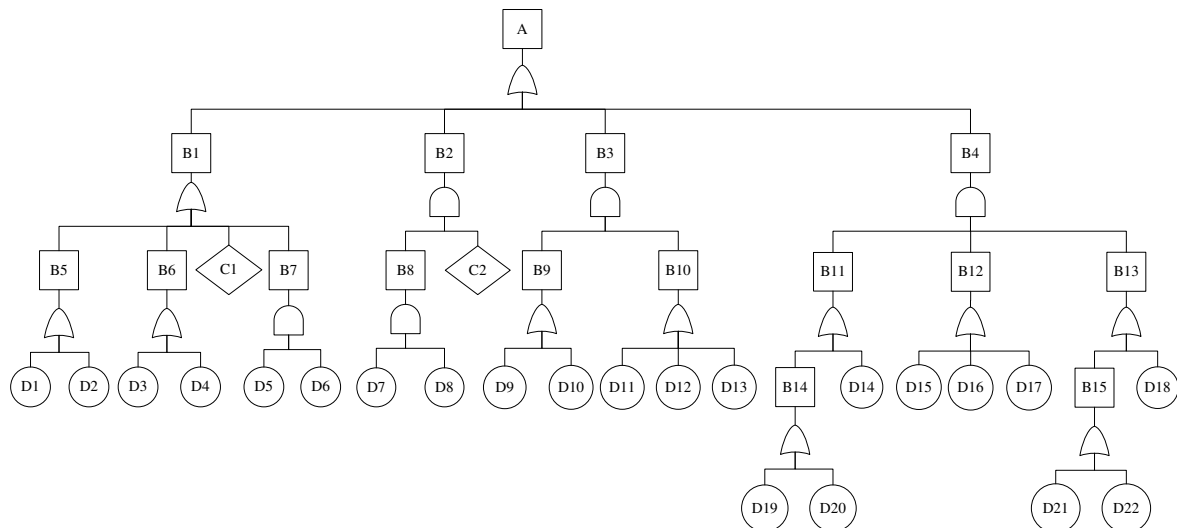
Dua material dengan hasil biaya tertinggi merupakan *top event* yang akan dibuat model grafis FTAny. Sesuai dengan hasil perhitungan yang didapat,

dua material dengan biaya tertinggi adalah tiang pancang dan baja tulangan. Model grafis FTA berisi simbol-simbol kejadian yang berisi kejadian yang menyebabkan *top event* terjadi. Kejadian-kejadian yang memiliki kemungkinan menyebabkan sisa material terjadi akan dianalisis lebih lanjut hingga ke penyebab kejadian dasarnya. Setelah mendapatkan data kejadian yang menyebabkan terjadinya sisa material yang didapatkan dari kuisioner, langkah berikutnya ialah menganalisisnya yang kemudian dilanjutkan dengan penggambaran model grafis FTA.

Simbol-simbol yang digunakan dalam model grafis FTA yaitu *intermediate event*, *undevelope event*, dan *basic event* yang merupakan simbol kejadian. Selain itu juga ada simbol gerbang seperti OR dan AND. Simbol transfer juga digunakan untuk menghubungkan antar model grafis FTA.

Model grafis Fult Tree Analysis yang dihasilkan dibuktikan lewat wawancara atau lebih dikenal dengan *brainstorming* yang berfungsi untuk memperkuat suatu argumen dalam analisis. Simbul gerbang OR atau AND dipilih berdasarkan *brainstorming* dimana gerbang OR menyatakan salah satu atau lebih faktor kejadian lebih dominan, sedangkan simbol gerbang AND menyatakan semua faktor kejadian merupakan penyebab *intermediate* dan *top event* terjadi.

Model grafis FTA material baja tulangan dapat dilihat pada **Gambar 2**, sedangkan model grafis FTA material tiang pancang dapat dilihat pada **Gambar 3**. Penamaan event pada model grafis FTA diperlukan untuk menganalisis dengan aljabar Boolean. Penamaan yang diberikan haruslah berbeda tiap kejadian dan juga harus jelas. Berikut ini merupakan model grafis FTA material baja tulangan.



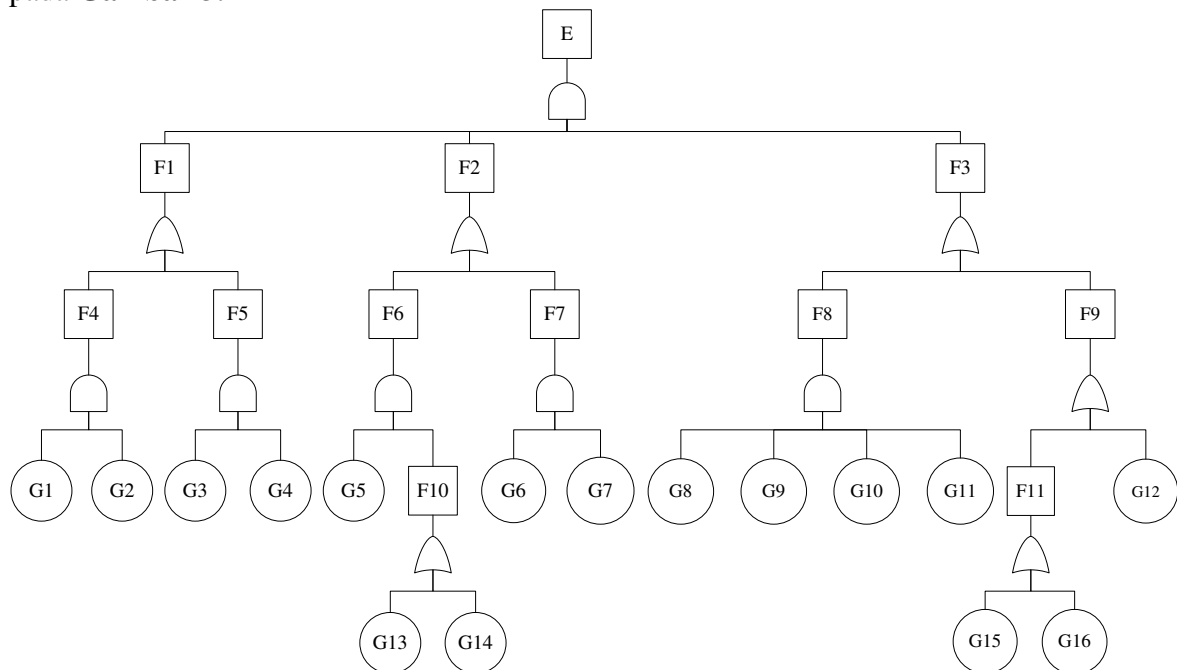
Gambar 2. Model Grafis FTA Baja Tulangan

Untuk keterangan nama kejadian pada model grafis FTA Baja Tulangan dapat dilihat pada **tabel 1**.

Tabel 1. Keterangan tiap kejadian atau *event* pada model grafis FTA Baja Tulangan

Event	Keterangan	Event	Keterangan
A	Baja tulangan	D3	Informasi gambar sulit dipahami
B1	Faktor desain	D4	Desain tidak lengkap
B2	Faktor pengadaan material	D5	Kurang RKS
B3	Faktor penanganan material	D6	Dokumen kontrak hanya BoQ
B4	Faktor pelaksanaan	D7	Ada minimal pembelian
B5	Adanya perubahan desain	D8	Agar tidak rugi pada transport
B6	Kontraktor salah dalam pengadaan	D9	Kurangnya lahan
B7	Kurang memperhatikan ukuran produk	D10	Tidak alat untuk pengangkutan
B8	Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil	D11	Tidak ada kontrol saat pengukuran
B9	Meletakkan material tidak ditempatkan semestinya	D12	Kecelakaan
B10	Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material	D13	Benturan selama perjalanan
B11	Material tercecer saat pemasangan	D14	Pekerja kurang pengalaman
B12	Peralatan yang tidak berfungsi	D15	Alat konslet
B13	Sisa material tidak dapat dipakai	D16	Alat aus
B14	Pekerja yang ceroboh	D17	Voltase naik turun
B15	Pemotongan material tidak sesuai rencana	D18	Pemotongan mengikuti desain
C1	Kurang memperhatikan ukuran produk	D19	Koordinasi kurang
C2	Pemesanan melebihi kebutuhan	D20	Mandor kurang disiplin
D1	Perencanaan kurang sempurna	D21	Pekerja kurang teliti
D2	Usulan kontraktor	D22	Perubahan desain mendadak

Sedangkan berikut ini merupakan model grafis FTA Tiang Pancang yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Model Grafis FTA Tiang Pancang

Untuk keterangan nama kejadian pada model grafis FTA Tiang Pancang dapat dilihat pada **tabel 2**.

Tabel 2. Keterangan tiap kejadian atau *event* pada model grafis FTA Tiang Pancang

Event	Keterangan	Event	Keterangan
E	Tiang pancang	G3	Loading material
F1	Faktor pengadaan material	G4	Cacat produksi
F2	Faktor penanganan material	G5	Ketidaktelitian memeriksa material yang diterima
F3	Faktor pelaksanaan	G6	Kesalahan alat berat
F4	Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil	G7	Benturan selama perjalanan
F5	Rusaknya material saat pengiriman	G8	Kurang kontrol
F6	Kualitas material yg diterima menurun	G9	Alat aus
F7	Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material	G10	Voltase naik turun
F8	Peralatan tidak berfungsi	G11	Penggunaan overload
F9	Sisa material tidak dapat dipakai	G12	Pemotongan sesuai desain
F10	Usia beton belum siap	G13	Jadwal yang ketat
F11	Pemotongan material tidak sesuai rencana	G14	Tidak sesuai spek produksi
G1	Agar tidak rugi pada biaya pemasangan	G15	Kondisi alam
G2	Agar tidak rugi pada transport	G16	Perubahan desain mendadak

Langkah selanjutnya setelah membuat model grafis FTA ialah menganalisis lebih lanjut penyebab dasar yang menyebabkan *top event* terjadi dengan mencari *minimal cut set* yang didapatkan dari analisis menggunakan aljabar Boolean. *Minimal cut set* sendiri merupakan kejadian dasar yang tidak dapat direduksi lagi namun tanpa menghilangkan statusnya sebagai kejadian dasar itu sendiri.

Notasi operator logika Boolean yang digunakan untuk OR *gate* adalah penjumlahan yang disimbolkan dengan (+), sedangkan untuk AND *gate* adalah perkalian yang disimbolkan dengan (.). Hukum aljabar Boolean yang digunakan dalam analisis ini yaitu $a \cdot (b + c) = (a \cdot b) + (a \cdot c)$.

Hasil analisis FTA Baja Tulangan menggunakan aljabar Boolean dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. *Minimal cut set* baja tulangan

No.	Kombinasi Event	No.	Kombinasi Event
1	D1	21	D17 · D20 · D21
2	D2	22	D14 · D17 · D21
3	D3	23	D15 · D19 · D22
4	D4	24	D15 · D20 · D22
5	C1	25	D14 · D15 · D22
6	D5 · D6	26	D16 · D19 · D22
7	D7 · D8 · C2	27	D20 · D16 · D22
8	D9 · D11	28	D14 · D16 · D22
9	D9 · D12	29	D17 · D19 · D22
10	D9 · D13	30	D20 · D17 · D22
11	D10 · D11	31	D14 · D17 · D22
12	D10 · D12	32	D15 · D19 · D18
13	D10 · D13	33	D15 · D20 · D18
14	D15 · D19 · D21	34	D14 · D15 · D18
15	D15 · D20 · D21	35	D16 · D18 · D19
16	D14 · D15 · D21	36	D16 · D18 · D20
17	D16 · D19 · D21	37	D14 · D16 · D18
18	D16 · D20 · D21	38	D17 · D18 · D19
19	D14 · D16 · D21	39	D17 · D18 · D20
20	D17 · D19 · D21	40	D14 · D17 · D18

Dari **Tabel 3** dapat diketahui bahwa dari analisis FTA baja tulangan menggunakan aljabar Boolean didapatkan 40 kejadian dasar yang menyebabkan sisa material baja tulangan. Berikut merupakan banyaknya kejadian muncul pada *minimal cut set* baja tulangan.

Tabel 4. Banyaknya kejadian muncul baja tulangan

No.	Event	Jumlah	No.	Event	Jumlah
1	C1	1	13	D11	2
2	C2	1	14	D12	2
3	D1	1	15	D13	2
4	D2	1	16	D14	9
5	D3	1	17	D15	9
6	D4	1	18	D16	9
7	D5	1	19	D17	9
8	D6	1	20	D18	9
9	D7	1	21	D19	9
10	D8	1	22	D20	9
11	D9	3	23	D21	9
12	D10	3	24	D22	9

Batasan untuk jumlah kejadian yang dihitung paling sering muncul yaitu 20% dari jumlah *minimal cut set* baja tulangan. Dari batasan tersebut didapatkan kejadian dasar dominan yang menyebabkan terjadinya sisa material baja tulangan yaitu D14, D15, D16, D17, D18, D19, D20, D21 dan D22.

Sedangkan hasil analisis FTA Baja Tulangan menggunakan aljabar Boolean dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. *Minimal cut set* tiang pancang

No.	Kombinasi Event
1	G1 · G2 · G5 · G8 · G9 · G10 · G11 · G13
2	G1 · G2 · G5 · G13 · G15
3	G1 · G2 · G5 · G13 · G16
4	G1 · G2 · G5 · G12 · G13
5	G1 · G2 · G5 · G8 · G9 · G10 · G11 · G14
6	G1 · G2 · G5 · G14 · G15
7	G1 · G2 · G5 · G14 · G16
8	G1 · G2 · G5 · G12 · G14
9	G1 · G2 · G6 · G7 · G8 · G9 · G10 · G11
10	G1 · G2 · G6 · G7 · G15
11	G1 · G2 · G6 · G7 · G16
12	G1 · G2 · G6 · G7 · G12
13	G3 · G4 · G5 · G8 · G9 · G10 · G11 · G13
14	G3 · G4 · G5 · G13 · G15
15	G3 · G4 · G5 · G13 · G16
16	G3 · G4 · G5 · G12 · G13
17	G3 · G4 · G5 · G8 · G9 · G10 · G11 · G14
18	G3 · G4 · G5 · G14 · G15
19	G3 · G4 · G5 · G14 · G16
20	G3 · G4 · G5 · G12 · G14
21	G3 · G4 · G6 · G7 · G9 · G9 · G10 · G11
22	G3 · G4 · G6 · G7 · G15
23	G3 · G4 · G6 · G7 · G16
24	G3 · G4 · G6 · G7 · G12

Dari **Tabel 5** dapat diketahui bahwa dari analisis FTA tiang pancang menggunakan aljabar Boolean didapatkan 24 kejadian dasar yang menyebabkan sisa material tiang pancang. Berikut merupakan banyaknya kejadian muncul pada *minimal cut set* tiang pancang.

Tabel 6. Banyaknya kejadian muncul tiang pancang

No.	Event	Jumlah
1	G1 · G2	12
2	G3 · G4	12
3	G5	16
4	G6 · G7	8
5	G8 · G9 · G10 · G11	6
6	G12	6
7	G13	8
8	G14	8
9	G15	6
10	G16	6

Batasan untuk jumlah kejadian yang dihitung paling sering muncul yaitu 50% dari jumlah *minimal cut set* tiang pancang. Dari batasan tersebut didapatkan kejadian dasar dominan yang menyebabkan terjadinya sisa material baja tulangan yaitu G1, G2, G3, G4 dan G5.

KESIMPULAN

Material yang berpotensi menghasilkan sisa material pada proyek penelitian adalah baja tulangan, pasir, beton *ready mix*, batu kali, bata ringan, keramik, galvalum, *gypsum board*, aluminium, kaca, baja profil, genteng dan tiang pancang.

Penyebab utama sisa material baja tulangan terjadi adalah pekerja yang kurang pengalaman, alat yang konslet, alat yang sudah aus, voltase listrik naik turun, pemotongan mengikuti desain, koordinasi yang kurang, mandor kurang disiplin, pekerja kurang teliti dan perubahan desain yang mendadak. Sedangkan penyebab utama sisa material tiang pancang terjadi adalah agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakhati-hatian saat loading material dan cacat produksi dan ketidaktelitian memeriksa material yang diterima.

SARAN

Penelitian ini sangat membantu peneliti dalam memperoleh pengetahuan baru dalam menganalisis penyebab terjadinya sisa material dengan menggunakan *Faul Tree Analysis*. Selain itu penelitian ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut dalam penelitian selanjutnya dengan mengambil variabel lainnya dari sisa material ataupun metode yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. 2010. *Manajemen Produksi Untuk Jasa Konstruksi*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Formoso, C. T. 2002. Material waste in building industry: main causes and prevention. *Journal of Construction Engineering and Management*. pp 316-325
- Gavilan, R. M., L.E Bernold. 1994. Source evaluation of solid waste in building construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. pp 536-552
- Intan, S. R.S., Alifen, L. & Arijanto. 2005. Analisa dan evaluasi sisa material konstruksi: sumber penyebab, kuantitas, dan biaya. *Jurnal Dimensi Teknik Sipil*. Vol 7 no 1 hal 36-45
- Nurlina, S. 2008. *Struktur Beton*. Malang: Bargie Media.
- Priyanta, D. 2000. *Keandalan dan Perawatan*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Sagel, R., Kole, P & Kusuma, G. 1993. *Pedoman Pekerjaan Beton Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*. Jakarta: Erlangga.
- Suseno, . 2010. *Bahan Bangunan untuk Teknik Sipil*. Malang: Bargie Media.
- Vesely, .E. 1981. *Fault Tree Handbook*. Washington D.C: U.S. Nuclear Regulatory Commission.